

## **XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS**

### **A ÁGUA SUBTERRÂNEA NO BRASIL E A NECESSIDADE DE UMA GESTÃO SUSTENTÁVEL**

*Eliandra Cândido Amorim<sup>1</sup> & Ruiter Lima de Moraes<sup>2</sup>; José Vicente Granato de Araújo<sup>3</sup>*

**Resumo:** O Brasil é um país que apresenta abundante riqueza em recursos hídricos superficiais e subterrâneos, no entanto, distribuídos de maneira totalmente desigual por todo o seu território. A água subterrânea é um recurso natural que tem sido bastante procurado nas últimas décadas devido à queda brusca na qualidade das águas superficiais. O uso da água é que determina as necessidades específicas do recurso e, consequentemente, seu efeito sobre os corpos hídricos. Controlar o uso da água subterrânea é difícil, pois não existem métodos eficientes de fiscalização para garantir que sua utilização é precedida de autorização dos órgãos responsáveis. Estudos sobre esse assunto ainda são poucos, o que dificulta conhecer profundamente o problema e outras informações pertinentes à qualidade das águas subterrâneas. O objetivo deste trabalho é fazer uma breve análise sobre o uso da água subterrânea no país, mostrando a utilização desse recurso, refletindo principalmente sobre a necessidade de uma gestão ordenada baseada nos princípios da sustentabilidade.

**Abstract:** Brazil is a country with abundant wealth in surface and underground water resources, however, on a fully distributed unevenly throughout the territory. Underground water is a natural resource that has been very popular in recent decades due to a sharp decrease in surface water quality. Water use is what determines the specific needs of the resource and hence its effect on water bodies. Control the use of underground water is difficult, because there are no efficient methods of oversight to ensure that their use is preceded by authorization of the responsible agencies. Studies on this subject are still limited, making it difficult to know deeply the problem and other information pertaining to underground water quality. The objective is to make a brief analysis on the use of underground water in the country, showing the use of this feature, mainly reflecting on the need for an orderly management based on principles of sustainability.

**Palavras Chave:** água subterrânea, gestão sustentável

### **INTRODUÇÃO**

O Brasil é um país que apresenta abundante riqueza em recursos hídricos superficiais e subterrâneos, porém distribuídos de maneira desigual pelo seu território. Em algumas regiões há abundância de água (região norte). Em outras, a água superficial é tão escassa que a água

<sup>1</sup>mestranda em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás; Escola de Engenharia Civil - UFG - Goiânia - Goiás - Praça Universitária s/n, Setor Universitário CEP-74605-220 (0xx62) 9632 0181, elian.dr@hotmail.com

<sup>2</sup>mestrando em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás; Escola de Engenharia Civil - UFG - Goiânia - Goiás - Praça Universitária s/n, Setor Universitário CEP-74605-220 (0xx62) 8143 6062, donic13gyn@hotmail.com

<sup>3</sup>Professor Adjunto da Escola de Engenharia Civil - UFG - Goiânia - Goiás - Praça Universitária s/n, Setor Universitário CEP-74605-220 - (0xx62) 3209-6084, jvgranato@yahoo.com.

subterrânea se configura como a única alternativa para o abastecimento (semi-árido nordestino). A busca crescente pela água subterrânea pode ser justificada pelo fato de que o homem por meio de suas atividades e constantes modificações no meio ambiente tem alterado significativamente a qualidade das águas superficiais, tornando-as impróprias para o consumo.

A água subterrânea pode ser utilizada para: abastecimento, agricultura, indústria, comércio, energia, turismo, termal, entre outros. Apresenta diversas vantagens em relação às águas superficiais: boa qualidade (geralmente não necessita de nenhum tipo de tratamento), baixo custo (os poços são relativamente baratos e permitem recuperar rapidamente o dinheiro investido na perfuração) e relativa proteção contra poluição. Devido a essas vantagens, especialistas afirmam que ela deve ser tratada como um recurso estratégico. Apresenta como desvantagens: heterogeneidade em sua distribuição, recarga lenta, risco de superexploração, subsidência, intrusão de cunha salina e remediação cara.

O uso da água é que determina as necessidades específicas do recurso e, consequentemente, seu efeito sobre os corpos hídricos. Alguns desses usos alteram características físicas e ambientais do meio hídrico, outros exigem grandes quantidades de água, que ao serem devolvidas para o meio aquático apresentam qualidade bem inferior, como é o caso da água utilizada pela agricultura, abastecimento público e indústrias.

Os impactos das atividades humanas sobre os recursos hídricos subterrâneos são vários. Dentre os principais estão a super exploração dos aquíferos e sua contaminação por fossas negras, lagoas de tratamento de efluentes, lixões (urbanos e industriais), armazenamento e vazamentos de tanques de combustíveis, pesticidas, fertilizantes e outros produtos de uso agroquímicos.

A contaminação da água subterrânea é muito mais preocupante do que a contaminação das águas superficiais, pois as águas superficiais se recuperam quando é cessada a fonte de contaminação ou poluição, ao passo que, os mananciais subterrâneos apresentam recuperação bem mais demorada e muito cara.

Controlar o uso da água subterrânea é difícil, pois não existem métodos eficientes de fiscalização para garantir que sua utilização seja precedida de autorização dos órgãos responsáveis. Atualmente o número de poços cadastrados é bem diferente do número de poços perfurados, o que leva a crer que não existe controle efetivo com uma fiscalização atuante e intensiva por parte dos órgãos responsáveis pela concessão de outorgas de exploração. Essa falta de controle aumenta a proliferação de poços clandestinos e a contaminação da água.

Estudos sobre esse assunto ainda são poucos, o que dificulta conhecer profundamente o problema e outras informações pertinentes à qualidade da água subterrânea. Não existem informações detalhadas sobre os aquíferos a nível regional e nem nacional. Os poucos dados que

existem são provenientes de trabalhos desenvolvidos por universidades brasileiras ou resultado de trabalhos realizados pelos órgãos ambientais, ainda que de forma limitada.

O objetivo deste trabalho é fazer uma breve análise sobre o uso da água subterrânea no país, mostrando a utilização desse recurso, refletindo principalmente sobre a necessidade de uma gestão ordenada baseada nos princípios da sustentabilidade. Isso permite oferecer uma visão geral sobre a qualidade da água subterrânea no país, as principais fontes de contaminação dos aquíferos e discutir a questão da vulnerabilidade e proteção do recurso hídrico subterrâneo, levando em consideração que os referidos recursos só poderão ser utilizados sustentavelmente se houver total compreensão de sua extensão espacial e de sua variação ao longo do tempo. Essa compreensão poderá contribuir, sobremaneira para a gestão dos recursos naturais, permitindo um planejamento equilibrado e consistente.

## **DISTRIBUIÇÃO E UTILIZAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO PAÍS**

Um dos problemas que dificulta atualmente a gestão ordenada e sustentável da água subterrânea no Brasil é a integração existente entre essas águas e as águas superficiais. Essa integração tem suscitado conflitos entre os estados e a União, pois ambos têm responsabilidades impostas legalmente concernentes ao gerenciamento desses recursos. No Código das Águas (Decreto 24.643/34) e no Plano Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Lei 9433/97) está expresso que a água enquanto um recurso natural ilimitado está disponível para todos, ou seja, é um bem comum. Porem, enquanto um recurso natural limitado é dotado de valor econômico. A legislação ambiental brasileira, uma das mais avançadas no mundo, objetiva alertar para a utilização do bem hídrico de maneira racional e integrada, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

Como gerir esse recurso de maneira sustentável para que todos tenham acesso à água potável de boa qualidade agora no presente e também no futuro? Como garantir o direito aos usos múltiplos da água? Como proceder em relação às cidades brasileiras que tiveram suas principais fontes de águas superficiais contaminadas e contam apenas com a água subterrânea para atender as demandas locais? Como gerenciar os recursos subterrâneos que atravessam vários estados sabendo que a água se desloca no solo e subsolo obedecendo a leis físicas?

Destarte, o desenvolvimento sustentável deve priorizar o progresso social como um momento do reconhecimento de que todos têm necessidade de água para garantir a sobrevivência das formas de vida, bem como garantir o acesso para os usos múltiplos, possibilitando a realização das atividades humanas. Deve priorizar ainda, a proteção efetiva do ambiente e dos mananciais, o uso

ordenado dos recursos naturais e a manutenção de níveis estáveis de crescimento econômico e social.

No Brasil, nas últimas décadas houve um aumento significativo da utilização da água subterrânea para o abastecimento público onde 15,6% dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea, 77,8% usam rede de abastecimento de água e 6,6% usam outras formas de abastecimento (IBGE, 2002). Segundo Zoby & Matos (2002) existem pelo menos 400.000 poços cadastrados no país. É importante ressaltar que muitas cidades brasileiras têm capacidade de serem atendidas por meio das reservas subterrâneas. De maneira geral, as águas subterrâneas no país apresentam boa qualidade e possuem propriedades físicas, químicas e bacteriológicas adequadas a diversos usos, incluindo o consumo humano.

A figura a seguir (ANA, 2005) mostra os principais sistemas aquíferos que estão situados nas bacias sedimentares brasileiras. Esses sistemas aquíferos se distribuem amplamente por todo o território nacional, merecendo destaque a questão do aspecto transfronteiriço, pois muitos deles extrapolam os limites das regiões geográficas.

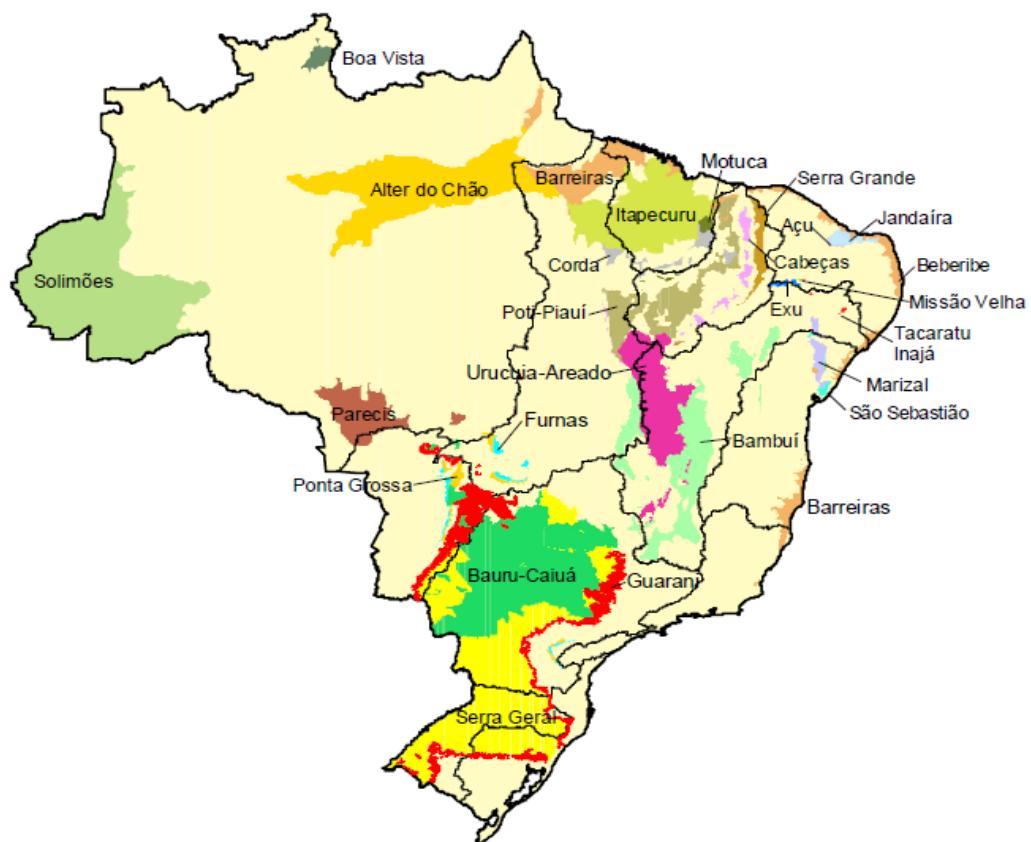


Figura 1. Distribuição dos principais sistemas aquíferos do país (ANA, 2005).

Os sistemas de aquíferos no país possuem uma área de recarga total de 2.761.086 km<sup>2</sup>. O aquífero com maior área de recarga é o Solimões com uma área de 457.664 km<sup>2</sup> seguida pelo

aquífero Serra Geral com área de 411.855 km<sup>2</sup>. O aquífero Beberibe possui a menor área, 318 km<sup>2</sup> (ANA, 2005). A maioria deles é do tipo livre, confinado e poroso, existindo também os do tipo fraturado e cárstico-fraturado em menores quantidades. Uma das regiões hidrográficas dominantes que mais apresenta aquíferos em seus domínios é a região Tocantins-Araguaia.

Na região Nordeste estão vários sistemas de aquíferos. Dentre eles, destacam-se os aquíferos Açu, Jandaira, Serra Grande, Cabeças, Poti-Piauí, Corda, Itapecuru, Missão Velha, Exu e São Sebastião. O aquífero Açu, com área de 3.674 km<sup>2</sup> é confinado pelos calcários da formação Jandaira que apresenta boa qualidade química em suas águas. Carvalho Júnior & Melo (2000) observaram aumento da salinidade nessas águas em decorrência do contato com o embasamento cristalino. Suas águas são utilizadas para abastecimento doméstico industrial e irrigação, com destaque para a região de Mossoró. O sistema aquífero Jandaíra tem uma área de recarga de 11.589 km<sup>2</sup>, e corresponde a partes dos estados do Rio Grande do Norte e Ceará. É intensamente utilizado para a irrigação na região da Chapada do Apodi, especialmente na região de Baraúna (RN). Além do uso para irrigação, as águas do Jandaíra são utilizadas para o abastecimento doméstico.

O Maranhão abastece mais de 70% de suas cidades com águas de poços, ao passo que no Piauí esse percentual ultrapassa os 80% (ANA, 2005). No Rio Grande do Norte e na Bahia a água é amplamente utilizada na irrigação. Na Região Metropolitana de Recife, estima-se a existência de 4.000 poços, que abastecem em torno de 60% da população (Costa, 2000). Essa região possui redes de monitoramento em Baraúna (RN), que monitora semestralmente o aquífero Jandaira e também a região metropolitana de Recife (Costa & Costa Filho, 2004).

O aquífero Serra Grande também tem suas águas utilizadas na irrigação e no abastecimento doméstico. Possui área de recarga de 30.450 km<sup>2</sup>. Da bacia sedimentar do Parnaíba, o aquífero Cabeças é considerado como o de melhor potencial hidrogeológico com águas de boa qualidade química. Com uma área de 34.318 km<sup>2</sup>, a agricultura e o abastecimento público são seus principais usos. Carneiro *et al.* (1998) afirmam sobre a mistura local das águas dos aquíferos Cabeças, Serra Geral e Poti-Piauí. O Poti-Piauí aflora no Estado do Piauí, alcançando partes do Pará e do Tocantins. É um dos aquíferos com maior abrangência de área dentro da bacia do Parnaíba, área de recarga de 117.012 km<sup>2</sup>. Seu principal uso é o doméstico. O aquífero Corda aflora nos estados do Maranhão, Tocantins e Piauí, com área total de 35.266 km<sup>2</sup>. O principal uso desse manancial é para o abastecimento doméstico.

O sistema aquífero Itapecuru ocupa o topo da Bacia Sedimentar do Parnaíba, com área de 204.979 km<sup>2</sup>. Aflora nos estados do Maranhão e Pará, sendo utilizado na pecuária e no abastecimento humano no interior do Maranhão e para abastecimento doméstico na cidade de São Luís. O sistema aquífero Missão Velha aflora no extremo sudeste do Estado do Piauí, pertence à

bacia do Araripe, apresentando área pequena de 1.324 km<sup>2</sup>. Em alguns casos é necessário fazer aeração para remoção do ferro afim de que a água possa ser usada no consumo humano. Foi verificada ainda ocorrência de elevados valores de amônio e nitrato relacionados à descarga de esgotos domésticos na região. Em 57 pontos monitorados, 14 apresentaram valores de nitrato acima do limite para potabilidade (Teixeira *et al.*, 2004). As cidades de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha, no Ceará são os principais usuários no abastecimento doméstico. Outras fontes de água também são usadas na irrigação.

O aquífero Exu também pertence à Bacia Sedimentar do Araripe. Aflora em partes dos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí, possui área de 6.397 km<sup>2</sup>. O abastecimento doméstico é o principal uso deste manancial. A principal fonte de contaminação identificada para as águas subterrâneas da região foram os “barreiros”, que são escavações utilizadas para armazenar águas de chuva, que apresentaram concentrações de nitrato acima dos valores de potabilidade e presença de coliformes fecais e *Escherichia coli* (Mendonça *et al.*, 2000). O sistema aquífero São Sebastião possui uma área de recarga de 6.783 km<sup>2</sup> que corresponde à porção sudeste do Estado da Bahia. Abastece principalmente as cidades de Salvador e Camaçari com os usos domésticos e industriais.

Na Região Norte destaca-se os sistemas de aquíferos Alter do Chão e Solimões. O aquífero Alter do Chão ocupa uma área de 312. 574 km<sup>2</sup>. Manaus, Belém, Santarém e a Ilha de Marajó utilizam suas águas de boa qualidade para abastecimento humano. Segundo Costa *et al* (2004), 60,5% dos poços cadastrados em Manaus estão com suas águas contaminadas por coliformes termo tolerantes, o que pode explicar a falta de saneamento básico nas áreas urbanas com grande quantidade de fossas negras e poços construídos sem os requisitos mínimos de proteção sanitária. Já o aquífero Solimões com 457.664 km<sup>2</sup> corresponde ao Estado do Acre e parte oeste do Amazonas. Em Rio Branco é um importante manancial hídrico para abastecimento da população. A qualidade química das águas é boa, sendo, porém limitado por fatores microbiológicos como a elevada vulnerabilidade natural do aquífero (proximidade do nível freático com a superfície), elevado potencial de contaminação em virtude de poços mal construídos e a ausência de saneamento básico.

O sistema aquífero Barreiras aflora descontinuamente desde a região Norte até o Sudeste, amplamente distribuído por toda a costa brasileira. É um aquífero livre que ocupa uma área de 176.532 km<sup>2</sup>. O aquífero é fundamental para o abastecimento de várias capitais brasileiras, particularmente das capitais litorâneas nordestinas de São Luís, Fortaleza, Natal, Maceió e ainda a capital paraense, Belém. O lançamento de resíduos industriais no solo e a falta de saneamento básico se constituem nos principais riscos à contaminação das águas subterrâneas e superficiais na cidade de São Luís. Verificou-se ainda, uma tendência de salinização das águas devido ao super bombeamento em alguns poços situados numa faixa litorânea de 2 km, mais precisamente na região

de Itaqui. Em Belém, algumas amostras do Barreiras apresentaram valores de ferro e nitrato acima do padrão da legislação vigente (Almeida *et al.*, 2004). Uma das características do sistema aquífero Barreiras, na região, é o alto teor de ferro. Os valores de nitrato acima do permitido pela legislação indicam contaminação por esgotos domésticos, presença de fossas negras e inexistência de saneamento básico.

Na cidade de Santa Izabel, no Pará, o sistema aquífero Barreiras também apresentou altas concentrações de nitrato advindas como provenientes dos esgotos domésticos (Araújo & Tancredi, 2000). No Rio Grande do Norte, as águas do aquífero não apresentam restrições de uso (Diniz Filho *et al.*, 2000). Em Maceió, o sistema Barreiras é responsável por 81% do abastecimento da população. Nessas águas foram constatadas elevadas concentrações de cloreto em vários poços da faixa costeira que sugere o avanço da intrusão marinha na região (Nobre & Nobre, 2000). Em Recife, as águas são usadas para o abastecimento humano, industrial e hospitalar. No Rio de Janeiro também se constatou a presença de cunha salina (Caetano & Pereira, 2000).

O sistema aquífero Beberibe aflora nos estados de Pernambuco e Paraíba, ocupando uma área de 318 km<sup>2</sup>. Na região metropolitana de Recife as águas apresentam elevada dureza, não sendo por esse motivo, utilizadas para o abastecimento público nessa região. O aquífero apresentou salinização, que pode ser explicada pela infiltração de águas do rio Capibaribe, que no trecho final do baixo curso apresenta mistura com a água do mar. O bombeamento excessivo dos poços próximos ao rio induz uma recarga do aquífero com águas salinizadas (Farias *et al.*, 2003). De acordo com Costa (2000) a área de salinização atinge 20% da planície do Recife e a superexploração da água provocou rebaixamentos da superfície potenciométrica superiores a 100m. Para controlar a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, foi instalada uma rede de monitoramento telemétrica dos aquíferos do Recife, que mede a condutividade elétrica e a profundidade dos níveis d'água (Costa & Costa Filho, 2004).

O sistema aquífero Bambuí possui área de recarga de 181.868 km<sup>2</sup> e pertence à bacia sedimentar do São Francisco. Atravessa os estados de Minas Gerais, Bahia, Tocantins e Goiás. É um aquífero do tipo cárstico fraturado, intensamente explotado para o uso na irrigação. As suas águas são, em geral, de boa qualidade, apresentando algumas restrições locais ao seu uso, devido à elevada dureza e altos valores de sólidos totais dissolvidos que estão relacionados à dissolução das rochas calcárias. Minas Gerais, a partir de 2004 também começou a monitorar a qualidade de suas águas subterrâneas.

O sistema aquífero Urucuia-Areado é do tipo livre e aflora numa extensa área que compreende parte dos estados da Bahia, Minas Gerais, Goiás, Piauí e Maranhão, totalizando 144.086 km<sup>2</sup>. No oeste da Bahia, é amplamente utilizado na irrigação com águas de boa qualidade. O sistema aquífero

Furnas aflora numa área de 24.894 km<sup>2</sup>, correspondente a parte dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Paraná e São Paulo. Os usos são, principalmente, domésticos e industriais.

O sistema aquífero Guarani – SAG ocupa uma área de cerca de 840.000 km<sup>2</sup>. A sua área de recarga é de 89.936 km<sup>2</sup>. A qualidade química das suas águas, em geral, é boa e seus principais usos são o abastecimento humano e industrial. Silva (1983) constatou a progressiva salinização das águas do SAG no Estado de São Paulo, paralelo ao aumento da profundidade. No oeste do Estado de Santa Catarina suas águas, geralmente muito salinas e fortemente sódicas, são inadequadas para a irrigação (Freitas *et al.*, 2002). As águas do Guarani apresentam potencial para serem usadas na geração de energia, com gradiente geotermal de 29°C por quilômetro de profundidade, essas águas são aproveitadas principalmente por hotéis e algumas indústrias (Araújo *et al.*, 1999).

O Estado de São Paulo atualmente é o que mais faz uso da água subterrânea. Com 645 municípios abastece total ou parcialmente 462 (71%), sendo que, 308 (47%) são totalmente abastecidos pelos recursos hídricos subterrâneos, isso significa 5.500 pessoas sendo abastecidas diariamente (Silva *et al.*, 1998). Na região metropolitana, estimam-se aproximadamente 11.000 poços em operação abastecendo hospitais, hotéis e indústrias (Martins Netto *et al.*, 2004). O Estado possui uma rede de monitoramento da qualidade da água que, desde 2003, controla 162 poços na região metropolitana e analisa 40 parâmetros com freqüência de amostragem semestral (CETESB, 2004).

O sistema aquífero Serra Geral é do tipo fraturado e apresenta uma área de recarga de 411.855 km<sup>2</sup>. O principal uso da água desse sistema é para abastecimento doméstico, mas é utilizada também em estâncias termais. Em alguns lugares, a temperatura da água pode chegar a 38°C (Freitas *et al.*, 2002). Em Caxias do Sul, foram identificados problemas com contaminação por cromo e outros metais pesados (Reginato & Strieder, 2004).

O sistema aquífero Bauru-Caiuá tem uma área aflorante de 353.420 km<sup>2</sup>. Ocupa dois terços do Estado de São Paulo. Os principais usos são o abastecimento humano e o industrial. Na rede de monitoramento do Estado de São Paulo, este sistema aquífero apresentou os maiores indícios de alteração de qualidade de suas águas com altas concentrações de nitrato e de cromo. As principais fontes de contaminação estão associadas à aplicação de fertilizantes e insumos nitrogenados na agricultura, utilização de fossas negras, vazamentos das redes coletoras de esgoto e influência de rios contaminados na zona de captação de poços e resíduos da indústria de curtume expostos diretamente sobre o solo (CETESB, 2004).

No Distrito Federal também há uma rede de monitoramento qualitativo de suas águas subterrâneas que controla uma rede com 132 poços distribuídos pelos condomínios horizontais e

algumas cidades-satélites de Brasília. O monitoramento é trimestral, inclui 29 parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos e foi iniciado no segundo semestre de 2006.

## **DESAFIOS PARA PROMOÇÃO DA GESTÃO SUSTENTÁVEL**

A localização geográfica dos sistemas de aquíferos brasileiros é apontada como o primeiro problema referente à utilização racional das águas subterrâneas, pois eles não estão confinados a apenas um estado ou país, como no caso do aquífero Guarani, significa então que deve haver cooperação entre os responsáveis pelos estados ou países onde existam esses recursos hídricos para conhecer as estruturas geológicas existentes e a distribuição espacial ao longo de cada território.

Para uma gestão sustentável da água subterrânea no Brasil é fundamental que sejam corrigidas algumas falhas que acontecem há muito tempo em nosso país referentes à precariedade das instituições públicas, que apresentam problemas estruturais e deficiência na capacitação técnica dos envolvidos no gerenciamento e fiscalização do recurso hídrico subterrâneo.

A falta de profissionais capacitados, levantamentos hidrogeológicos básicos, falta de controle e fiscalização são as principais dificuldades encontradas para garantir as condições de uso e de proteção das águas subterrâneas. Mesmo sendo o detentor da maior parte dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, o Brasil não possui dados suficientes sobre a quantidade e qualidade das águas de muitos dos seus aquíferos, bem como suas capacidades de exploração.

Os poucos estudos existentes sobre o assunto são de caráter localizado, desenvolvido dentro de universidades e de órgãos ambientais. O país também não possui uma rede de monitoramento a nível nacional que controle os parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas subterrâneas. As poucas existentes em algumas unidades da federação são fruto do entendimento do que diz a Constituição Federal sobre a responsabilidade dos estados no tocante aos corpos hídricos subterrâneos e partiram de iniciativa própria.

Medidas simples, a nível local e regional, como zoneamento ambiental através de cartografia hidrogeológica e mapas de uso do solo são eficazes no planejamento territorial e no desenvolvimento de medidas de proteção das águas subterrâneas. Esse planejamento territorial efetivado através do plano diretor, em escala regional, para garantir a preservação de áreas apresentadas como vulneráveis e suscetíveis a contaminação, pode exercer um controle maior sobre as atividades potencialmente poluidoras, pode permitir o controle do uso e exploração dos aquíferos existentes no local e pode ainda subsidiar políticas públicas voltadas para a preservação e conservação dos recursos hídricos subterrâneos.

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos a gestão dos referidos recursos deve ser descentralizada e participativa, ou seja, o poder público e os usuários são responsáveis pelo gerenciamento adequado dos corpos hídricos, que tem como um de seus fundamentos o uso múltiplo das águas. Todos têm que fiscalizar a indústria e a agricultura, que em algumas regiões, são importantes consumidores e fontes potenciais de poluição e contaminação da água, fato que requer maior rigor para tomar medidas preventivas a fim de evitar que a situação se agrave ainda mais.

O principal desafio para garantir uma gestão totalmente sustentável dos recursos hídricos subterrâneos está em transformar essa necessidade em uma ação coletiva, num pensamento único de efetivação de interesses comuns, onde a sustentabilidade do bem hídrico seja a prioridade, isso não somente entre a comunidade, mas principalmente, entre os estados que são os responsáveis legais. O fortalecimento dos órgãos ambientais também é imprescindível para o trabalho e agilidade do gerenciamento sustentável.

A conexão existente entre as águas superficiais e subterrâneas não pode ser desprezada, sendo que ambas são partes componentes do ciclo hidrológico. A compreensão dessa interconectividade leva a consciência de que não há como priorizar uma em detrimento da outra, sendo que os rios alimentam aquíferos e vice-versa e os fatores que irão ponderar aqui são os diferentes usos e necessidades locais.

## CONCLUSÕES

Uma das potenciais fontes de contaminação das águas no país é a falta de saneamento básico que ainda não conseguiu chegar a todos os locais. O tratamento do esgoto e a deposição de resíduos sólidos no solo são problemas que precisam ser urgentemente resolvidos. Segundo o IBGE (2002) em 2000 foram produzidas no Brasil 162 milhões de toneladas de lixo urbano. Desse total menos da metade teve a destinação final correta. A maior parte com disposição inadequada contaminou solos e águas superficiais atingindo as águas subterrâneas e pondo em risco a qualidade das águas.

A agricultura é um grande vilão por contaminar de maneira difusa, levando pesticidas e fertilizantes e outros agrotóxicos nocivos para homens, animais e plantas às águas. Somente em 2001, o Brasil utilizou 158,7 mil toneladas de agrotóxicos. Em vários aquíferos já foi detectada algum tipo de contaminação proveniente da agricultura. A indústria é outra fonte de contaminação não somente das águas, mas também dos solos brasileiros. Estudos inéditos apontam que no país existam aproximadamente 15.000 áreas com contaminação em solo e/ou água e que 1,3 milhões de habitantes estão expostos diretamente nestas regiões (ANA, 2005).

É importante ressaltar que a proteção das águas subterrâneas e sua sustentabilidade estão diretamente ligadas às atividades desenvolvidas pelo homem. Isso implica dizer que, a exploração dos recursos subterrâneos deve primar pela procura de soluções que evitem a super exploração das reservas naturais e busquem a minimização dos impactos causados em decorrência dessa exploração. Esse é o princípio básico da sustentabilidade que permite à sociedade atual utilizar os bens naturais, com a visão de que as sociedades futuras também o poderão fazê-lo.

Para implementar qualquer política pública que tenha como objetivo a proteção dos aquíferos e seu gerenciamento deve-se primeiro, definir características importantes como extensão, área de recarga, espessura, qualidade dessas águas e alguns de seus parâmetros principais como condutividade, ph e outros. A partir destas informações é possível avaliar a sua vulnerabilidade natural à contaminação e elaborar um plano de manejo e gerenciamento que garanta o uso sustentável.

A gestão sustentável da água subterrânea é baseada no reconhecimento de que é necessário conhecimento técnico suficiente e pessoas preparadas para administrar esse recurso. Reconhecer os problemas possibilita evitar conflitos pelo uso da água e é extremamente importante que a sociedade civil esteja envolvida na gestão da água subterrânea que é um bem comum, de uso coletivo, e cabe à sociedade, ainda, auxiliar na preservação e conservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Evitar todas as formas de contaminação possíveis é atitude inerente ao homem, que deve tentar buscar sempre ao máximo que as águas estejam com um padrão de qualidade bem próximo da forma como são encontradas em seu ambiente natural, como em rios e nascentes. Já que o homem após fazer uso das águas, sejam elas superficiais ou subterrâneas, não consegue devolvê-las para a natureza com a mesma qualidade, deve ter plena consciência de que suas atividades provocam uma série de alterações que afeta a toda a cadeia produtiva alterando seu equilíbrio e harmonia. Deve colaborar para que suas atividades produzam o mínimo de degradação possível.

## BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). (2005). *Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil*. Brasília, ANA. 123 p.

ALMEIDA, F. M.; MATTA, M. A. S.; DIAS, E. R. F.; SILVA, D. P. B.; FIGUEIREDO, A. B. (2004). “*Qualidade das águas subterrâneas do sistema aquífero Barreiras na bacia hidrográfica*

*do Tucunduba – Belém/PA*”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Cuiabá: ABAS.

ARAÚJO, L. M.; FRANÇA, A. B.; POTTER, P. E. (1999). “*Hydrogeology of the Mercosul aquifer system in the Paraná and Chaco-Paraná basins, South America, and comparison with the Navajo-Nugget aquifer system, USA*”. *Hydrogeology Journal*, n. 7, p. 317-336.

ARAÚJO, P. P. & TANCREDI, A. C. F. N. S. (2000). “*Nitrato em aquífero freático na Amazônia Oriental. Cidade de Santa Izabel do Pará – Brasil*”. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH.

BRASIL. *Decreto 24643/34*. Decreta o Código das Águas. Disponível em [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br). Acesso em 08/01/2011.

BRASIL. *Lei nº 9433 de 08 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em <[www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br)>. Acesso em 08/01/2011.

CAETANO, L. C. & PEREIRA, S. Y. (2000). “*Água subterrânea no município de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil*”. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH.

CARNEIRO, C. E. C. D.; SANTIAGO, M. M. F.; FRISCHKORN, H.; MENDES FILHO, J.; FORSTER, M. (1998). “*Oxigênio-18, deutério e condutividade elétrica para caracterização da água subterrânea no Vale do Gurguéia*”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. São Paulo: ABAS.

CARVALHO JÚNIOR, E. R. & MELO, J. G. (2000). “*Comportamento hidrogeológico do aquífero Açu na região de Apodi – RN*”. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). (2004). *Qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. São Paulo – 2001 – 2003. CETESB. 106 p.

COSTA, A. M. R.; WAICHMAN, A.; APARÍCIO DOS SANTOS, E. E. (2004). “*Uso e qualidade da água subterrânea na cidade de Manaus*”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Cuiabá: ABAS.

COSTA, W. D. (2000). “*Riscos potenciais e reais decorrentes da super-explotação das águas subterrâneas no Recife – PE*”. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1, e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH.

COSTA, W. D. & COSTA FILHO, W. D. (2004). “*A gestão dos aquíferos costeiros de Pernambuco*”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Cuiabá: ABAS.

DINIZ FILHO, J. B.; MELO, J. G.; BARROSO, T. T.; DUARTE, U. (2000). “*Potencialidades e consumo de águas subterrâneas no médio e baixo curso da bacia hidrográfica do rio Ceará-Mirim/RN*”. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH.

FARIAS, V. P.; PAIVA, A. L. R.; CABRAL, J. J. S. P.; SUZANA M. G. L. MONTENEGRO, S. M. G. L.; OLIVEIRA, E. M. (2003). “*Considerações sobre a salinização da água subterrânea nos bairros de Ilha do Leite e adjacências na cidade de Recife*”. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Curitiba: ABRH.

FREITAS, M. A.; CAYE, B. R.; MACHADO, J. L. F.; ANTUNES, R. B.; MIRANDA JUNIOR, G. X. (2002). “*Água subterrânea: um recurso vital para o Oeste Catarinense*”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Florianópolis: ABAS.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - Brasil 2002*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 08/01/2011.

MARTINS NETTO, J. P. G.; DINIZ, H. N.; JOROSKI, R.; OKAMOTO, F. S.; FRANÇA, V. C. C.; TANAKA, S. E.; SILVA, V. H. A. (2004). “A ocorrência de fluoreto na água de poços da Região Metropolitana de São Paulo e novas tecnologias para sua remoção”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Cuiabá: ABAS.

MENDONÇA, L. A. R.; FRISCHKORN, H.; SANTIAGO, M. M. F.; MENDES FILHO, J. (2000). “Qualidade da água subterrânea na Chapada do Araripe e sua vulnerabilidade”. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH.

NOBRE, M. M. M. & NOBRE, R. C. M. (2000). “Uso sustentável de águas subterrâneas na Região Metropolitana de Maceió”. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1, e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH.

REGINATO, P. A. R. & STRIEDER, A. J. (2004). “Caracterização hidroquímica dos aquíferos fraturados da formação Serra Geral na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Cuiabá: ABAS.

SILVA, R. B. G. (1983). *Estudo hidroquímico e isotópico das águas subterrâneas do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo*. 133 p. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, M. F. B.; NICOLETTI, A.; ROCCA, A. C. C.; CASARINI, D. C. P. (1998). “Uso e qualidade das águas subterrâneas para abastecimento público no Estado de São Paulo”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. São Paulo: ABAS.

TEIXEIRA, Z. A.; CORDEIRO, W.; QUESADO JÚNIOR, N.; FRANCA, R. M. (2004). “Monitoramento da qualidade da água subterrânea no período de outubro de 2003 a maio de 2004 em uma área piloto do Cariri – CE”. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. São Luís: ABAS.

ZOBY, J. L. G. & MATOS, B. (2002). “Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Florianópolis: ABAS.

**AGRADECIMENTOS:**

A CAPES pela bolsa de estudos concedida ao primeiro autor deste trabalho; ao CNPQ pelo auxílio financeiro através do Edital MCT/CNPq 14/2010 e à FAPEG pelo auxílio financeiro através do projeto Avaliação da Qualidade Ambiental da Bacia Hidrográfica e do Reservatório do Ribeirão João Leite.